



Biltrafikens påverkan på lavfloran

-En studie med epifytiska lavar som bioindikatorer av trafikens luftföroreningar längs E4:an norr om Gävle

Traffics affect on lichen flora

-A study with epiphytic lichen as bioindicator of air pollution from car traffic along the highway E4 north of Gävle

Daniel Segerlind

MAGISTERUPPSATS I BIOLOGI, D-NIVÅ, 20 P

HANDLEDARE: GÖRAN THOR, INST. F. EKOLOGI

EXAMINATOR: BENGT OLSSON, INST. F. EKOLOGI

Examensarbete 2009:8

Uppsala 2009

*SLU, Institutionen för ekologi
Box 7072, 750 07 Uppsala*

Innehållsförteckning

Abstract	3
Sammanfattning	3
Inledning.....	4
Syften	4
Bakgrund	5
Lavar och luftföroreningar	5
Lavar som indikatorer på luftkvaliten	5
Ämnen som påverkar lavarna	6
Svaveldioxid och ammoniak	6
Kväveoxider-NO _x	6
Undersökningar gjorda i Sverige	8
Spridning av luftföroreningar	8
Föroreningarnas påverkan på lavar	9
Miljökvalitetsnormer-MKN.....	10
Luftmätningar i Gävleborg	10
Kvävedioxid	10
Svaveldioxid	13
Marknära ozon	13
Bakgrundshalter och deposition.....	13
Metodik	14
Index	14
Lavarnas känslighetsvärden	14
Skogsytans lavkvalitetsindex - LKI	15
Kvävetal	16
Provytor	16
Val av lavar.....	18
Fotodokumentation	18
Statistisk analys	18
Resultat.....	19
Medelantalet lavarter för varje lokal	20
Kvävetal	21
Medelkänslighetsvärde	22

Skogsyntans lavkvalitetsindex – LKI	24
Diskussion	26
Lokalernas artsammansättning och kvävetal	26
Medelkänslighetsvärde	26
Skogsyntans lavkvalitetsindex - LKI	27
Slutsatser	27
Tack	28
Referenser.....	29
Bilaga 1	32
Bilaga 2.....	36
Bilaga 3	37

Abstract

Many scientists have found that air pollutants have been accumulated in epiphytic lichens and affect them. This means that from which type of lichens that live in an area it is possible to draw conclusions about how the environment is influenced by air pollution. Based on these facts, the lichens have been inventoried along a stretch of highway E4 north of Gävle. The study includes 36 pines and 6 birches along the highway E4 and 18 pines and 4 birches in a reference area a few kilometers from the E4 that was inventoried for lichens. On these 64 trees 15 different lichens and one algae was found. With the collected data as a base various indexes were calculated to compare the survey area with the reference area. The indices used in this report are “medelkänslighetsvärde”, “kvävetal” och ”skogsyntans lavkvalitetsindex”. The results of this study show a significant difference in “medelkänslighetsvärde” and “skogsyntans lavkvalitetesindex” with maximum values in the reference area. However, the results of “kvävetal” show no significant difference between the survey area and the reference area. This indicates that lichens flora along the highway is negatively affected by air pollution caused by traffic. The study does not show that the pollution is the factor behind the differences.

Sammanfattning

Många forskare har sett att luftens föroreningar ackumuleras i bälarna hos epifytiska lavar och påverkar dem. Detta gör att utifrån vilka lavar som lever i ett område går det att dra slutsatser om hur påverkad miljön är av luftföroreningar. Utifrån detta faktum har busk- och bladlavar inventerats längs en sträcka av E4:an norr om Gävle. I undersökningen inventerades 36 tallar och 6 björkar längs med E4:an och 18 tallar och 4 björkar i ett referensområde några kilometer från E4:an. På dessa 64 träd och hittades 15 olika lavarter och en alg. Med de insamlade data som utgångspunkt räknas olika index fram för att jämföra undersökningsområdet med referensområdet. De index som använts i föreliggande rapport är medelkänslighetsvärde, kvävetal och skogsyntans lavkvalitetsindex. Resultaten av studien visar på en signifikant skillnad i medelkänslighetsvärde och i skogsyntans lavkvalitetesindex med högst värden i referensområdet. Däremot visar resultatet av kvävetal ingen signifikant skillnad mellan undersökningsområdet och referensområdet. Detta indikerar att lavfloran längs med E4:an är negativt påverkad av luftföroreningar orsakad av trafiken. Studien visar inte vilka föroreningar som ligger bakom skillnaderna.

Inledning

Många lavar är känsliga för miljöförändringar som t.ex. luftföroreningar. På grund av den komplexa symbiosen mellan lavens algkomponent och svampkomponent har lavarna svårt att anpassa sig till förändringar i miljön. Symbiosen kollapsar istället för att anpassa sig till förändringar och detta gör lavarna till goda indikatorer för kvaliteten på luften. Vissa lavararter gynnas av höga halter kväve i luften medan andra missgynnas och utifrån detta faktum går det att kartlägga luftens kvalitet liksom även förändringar av densamma genom att studera lavfloran.

I denna studie prövas hypotesen att lavfloran påverkas av trafikens utsläpp längs med E4:an norr om Gävle. För att testa hypotesen har ett avsnitt längs med E4:an studerats med hjälp av epifytiska busk- och bladlavar. I området har utvalda träd inventerats på dessa lavar och vissa träd har även fotodokumenterats för att möjliggöra en återinventering och uppföljning av hur lavfloran förändras över tid. Alla bilder som är tagna för fotodokumentationen finns deponerade hos Länsstyrelsen i Gävleborg på avdelningen för miljöanalys. Inventeringen ligger som grund för beräkningar av kvaliteten på luften. Idén kommer från Länsstyrelsen i Gävleborg som var intresserade av att starta upp ett liknande projekt som Naturcentrum AB har gjort i Dalsland och i Västergötland som kallas "Lavar och luftkvalitet" (Hultengren & Stenström 1988). I det projektet kartläggs hela län utifrån luftkvalitet med hjälp av lavarnas förekomster.

Syften

- Att undersöka och beskriva eventuella skillnader hos lavfloran längs med E4:an norr om Gävle och ett referensområde med mindre påverkan.
- Att kunna fungera som kontrollprogram för epifytiska lavar där återhämtning respektive försämring övervakas.

Bakgrund

Lavar och luftföroreningar

Forskare har sedan 1800-talet känt till att lavar påverkas av luftföroreningar och att dessa kan påverka lavar olika beroende av vilket ämne och vilka lavar det gäller. Till exempel kan lavar som trivs på näringsrik bark börja leva på träd med näringsfattig bark om luftens kväveinnehåll ökar (Hultengren m.fl. 1991). Det finns flera studier på hur lavar påverkas av luftföroreningar och en av dem är Hultengren m.fl. (1991) där de listat vilka effekter luftföroreningar har på lavar och lavvegetationen. Exempelvis kan lavar få nedsättning i vitalitet i form av dvärgväxt och deformationer eller att färre fruktkroppar produceras vilket sannolikt minskar chansen för sporspridda arter att sprida sig. Som nämnts ovan kan också vissa lavar byta substrat. Antalet arter i det förorenade området minskar då till fördel för de föroreningståliga arternas utbredning (Hultengren m.fl. 1991). Forskare har även diskuterat hur lavar påverkas av luftföroreningar och Kapanen (1994) har föreslagit att symbiosen mellan algkomponenten och svampen är så pass känslig att små förändringar i luftkvaliteten kan påverka t.ex. vattenbalansen, respirationen, fixeringen av koldioxid och klorofyllets funktion. Påverkan av dessa mekanismer kan leda till att symbiosen kollapsar och lavarna dör, något som styrks av flera andra forskare (Nash 1976, Riddell m.fl. 2008). Ytterligare en betydande faktor till att lavar är så känsliga kan vara att lavarnas tillväxt är så långsam att de under lång tid hinner samla upp och bygga in en mängd olika luftföroreningssubstanser (Hultengren m.fl. 1991). Passivt och ospecifikt upptag av de ämnen som hamnar på bålen och att bålen saknar en skyddande kutikula späder på deras känslighet (Hultengren m.fl. 1991).

I denna studie talas det om nitrofytiska lavar och det är lavar som är gynnade av kväve, så som släktena *Phaeophyscia*, *Physcia* och *Xanthoria* (van Herk 1999). Dessa lavar trivs på träd med näringsrik bark som till exempel ädellövträden (Hultengren m.fl. 1991). Motsatsen till de nitrofytiska lavarna är de acidofytiska lavarna, till vilka bland annat *Hypogymnia physodes* och *Evernia furfuracea* hör. De acidofytiska lavarna växer på träd med näringsfattig bark som tall, gran och björk (van Herk 1999). Begreppen näringsrik och näringsfattig bark handlar om barkens pH-värde. Ett högt pH hör ihop med näringsrik bark och näringsfattig bark har lågt pH-värde (Hultengren 1991). Om lavar påträffas på annat underlag än förväntat är troligtvis luftens sammansättning förändrad eftersom lavar är indikatorer på luftkvalitet (Hultengren 1987). Ett exempel kan vara då lavar som normalt trivs på dammgödslade alléträd växer på barrträd inne i städerna. Det är sådana tecken som kommer att undersökas i denna studie.

Lavar som indikatorer på luftkvaliteten

Epifytiska lavar är generellt bra att använda som indikatorer på luftkvalitet (Herzig m.fl. 1989, Seaward 1993, Cislighi & Nimis 1997). Enligt van Dobben m.fl. (2001) finns det tillförlitliga metoder för att använda lavar till studier av luftföroreningar. De går då på den linje som Hultengren m.fl. (1991) tidigare hävdade, nämligen att lavar är ackumulerande organismer. Därför menar van Dobben m.fl. (2001) att luftens ämnen går att återfinna i lavarna. Conti & Cecchetti (2001) kom fram till att lavar inte går att använda till kvantitativa mätningar av en substans men att lavar är bra indikatorer för att mäta kvaliteten på luften eftersom det är en mix av olika luftföroreningar som orsakar skador på lavar.

Conti & Cecchetti (2001) vill utveckla lavarnas användningsområde som indikatorer för luftkvalitet genom att dela upp lavar i bioindikatorer och i biomonitorer. Bioindikatorer är de lavar som kan användas för kvalitativt fastställande och identifiering av den mänskliga påverkan, till exempel genom att vissa lavar dör när luftkvaliteten förändras till det sämre. Biomonitorer utgörs av lavar som huvudsakligen används för kvantitativt fastställande av skadliga ämnen genom mätningar av vissa ämnens koncentration då lavar kan samla och bygga in ämnen i sina cellväggar (Conti & Cecchetti 2001).

Ämnen som påverkar lavarna

Svaveldioxid och ammoniak

Svaveldioxidutsläpp (SO_2) bildas framför allt genom förbränning av svavelhaltig olja och var tidigare den största orsaken till försurning av vatten och mark i Sverige (Brännvall m.fl. 2005). Inne i städerna är svaveldioxiden den främsta orsaken till avsaknaden av lavar och det är ett problem som varit känt länge (Hultengren m.fl. 2004). Under 1900-talet var industrialiseringen den stora utsläppskällan av svaveldioxid men halterna har stadigt sjunkit sedan 1970-talet (Hultengren m.fl. 1991). De viktigaste ämnena i luften som påverkar nästan alla lavar är fortfarande SO_2 men också kvävedioxid (NO_2) (van Dobben m.fl. 2001).

Många forskare har studerat på vilket sätt ammoniak (NH_3) påverkar lavar. Några av dem är van Dommen & ter Braak (1998) som har undersökt den alkaliserande effekten av ammoniak och fann en stark koppling mellan NH_3 i luften och barkens pH. Samtidigt fann de att svaveldioxid i luften påverkar barkens pH negativt och gör det tydligt att SO_2 försurar och NH_3 alkaliserar trädets bark (van Dommen & ter Braak 1998). Vid ett försök upptäckte de att om NH_3 tas bort från en modell som inkluderar bark-pH såg de ingen nämnvärd förändring, men om SO_2 tas bort ur samma modell leder det till dramatiska förändringar. Detta förklarar författarna med att SO_2 inte enbart påverkar barkens pH utan även är direkt giftig för lavarna men att påverkan av ammoniak är mera indirekt (van Dommen och ter Braak 1998). Om halten av NH_3 i luften blir för hög verkar det, enligt van Herk m.fl. (2003), kunna leda till total utplåning av de lavar som lever på träd med näringsfattig bark (acidofytiska arter) vilket resulterar i en dominans av nitrofytiska lavar. Orsaken till en sådan dominans verkar främst bero på att pH-värdet i barken ökar på grund av höga halter ammoniak. I ett försök observerade van Herk (1999) att pH i barken på ek *Quercus* höjdes med två enheter från det normala 4,5 till höga 6,5 när trädet utsattes för luftföroreningar av NH_3 .

Undersökningar i London har visat att halterna av NH_3 har ökat som en följd av användandet av katalysatorer i bilar (Larsen m.fl. 2006). Därmed verkar det som att NH_3 inte enbart är ett problem ute på landsbygden orsakat av boskap utan även är ett problem i städerna orsakat av trafiken (Larsen m.fl. 2006).

Kväveoxider- NO_x

Vid all förbränning bildas kväveoxid (NO) och ju högre förbränningstemperatur desto mer kväveoxid bildas. Kväveoxid reagerar med luftens syre och bildar kvävedioxid (NO_2). Den främsta källan till utsläppen i nuläget kommer från biltrafiken och från arbetsmaskiner

(Brännvall m.fl. 2005). Utsläppen från förbränningsmotorer består till 90 % av kväveoxid och inne i städer där föroreningshalten är hög omvandlas kväveoxid snabbt till kvävedioxid vid kontakt med ozon (Wålinder m.fl. 2001). Finns det inte höga halter av ozon i omgivande luft bildas kvävedioxid genom att NO reagerar med luftens syre (Davies m.fl. 2006). I många rapporter används ett samlingsnamn för kväveoxid, kvävedioxid och andra kväveoxidföreningar då det sällan uppstår jämvikt mellan de olika formerna. Samlingsnamnet är kväveoxider och förkortas NO_x (Davies m.fl. 2006).

Många forskare i London har lagt ner mycket tid på att studera kopplingen mellan luftföroreningar och lavar. I en undersökning gjord av Davies m.fl. (2006) visade resultaten att det är trafiken som är den största bidragande orsaken till minskningen av lavfloran. De kom fram till att den mest dominerande luftföroreningssubstansen i London är kväveoxider, men att halterna inte har stigit märkbart de senaste 50 åren. Författarna upptäckte att det avgörande för lavarna främst är var och hur föroreningarna släpps ut (Davies m.fl. 2006). Historiskt sett kom utsläppen av kväveoxider i England från koleldning i hushållen och industrin. Förut skedde utsläppen i höjd med skorstenarna medan utsläppen i nuläget sker från fordon i marknivå. I marknivå hindras omblandning och spridning av gaserna på grund av trånga gator med höga hus längs sidorna. Det går att läsa i undersökningen av Larsen m.fl. (2006) att 22 % av alla inventerade lavararter fanns i områden där den maximala koncentrationen av NO_x översteg $1500 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Av de resterande 78 % gick drygt en fjärdedel enbart att finna där årsmedelvärdet av NO_x var under $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och den maximalt uppmätta halten låg under $1130 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Därmed kunde de se ett samband mellan förhöjda halter NO_x från trafiken och avsaknaden av lavar. På många ställen i de centrala delarna av London överstiger årsmedelvärdet av NO_x $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Det är mer än dubbelt så mycket än EU:s gränsvärden för ”skydd för känslig vegetation och ekosystem” som inte får överstiga $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Larsen m.fl. 2006).

I undersökningen av Davies m.fl. (2006) har de funnit 100 lavararter i London som inte fanns där på 70-talet bara på ett enda trädslag, nämligen ask *Fraxinus excelsior*. Davies m.fl. (2006) observerade att vid ett årsmedelvärde av NO_x över $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ var ämnet skadligt för lavarna, samma gäller för NO_2 om halterna steg över $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De kunde då dra slutsatsen att hela undersökningsområdet översteg EU:s gränsvärde för ”skydd för känslig vegetation och ekosystem” som inte får överstiga $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Anledningen till det ökade antalet arter trots den höga luftföroreningshalten tror författarna bero på att försmurningen som orsakades av höga halter SO_2 i luften har kraftigt minskat sedan 70-talet. Detta har lett till en återkolonisation av lavar men att de lavar som Davies m.fl. (2006) inventerade anses vara toleranta mot luftföroreningar och eutrofiering.

Redan 1976 undersökte Nash (1976) vilka halter av NO₂ som skadar lavarna. Nash noterade en signifikant minskning av klorofyllet då lavarna utsattes för nivåer över 4ppm, vilket enligt Larsen m.fl. (2006) motsvarar 7520 µg/m³, under sex timmar. Med så höga nivåer såg Nash inget samband med att NO₂ skulle utgöra någon större fara för lavar eftersom halterna sällan når upp till 1 ppm (Nash 1976).

Undersökningar gjorda i Sverige

När SO₂-halterna i många svenska städer har sjunkit till nästan samma värde som ute på landsbygden verkar för närvarande den stora orsaken till dålig luftkvalitet vara just NO₂ (Hultengren m.fl. 2004). Det framgår av svavel- och kvävedioxidmätningar som gjordes av Hultengren m.fl. (2004) i tio små till medelstora städer i södra och västra Sverige mellan perioden 1991/92 och 1996/97. Utav mätningarna såg författarna en minskning i koncentration av både svaveldioxid och kvävedioxid. Resultatet av minskningen märktes genom att antalet lavararter ökade med hela 11,5 % i den totala undersökningsytan. De såg även att arter som klassas som luftföroreningsresistenta minskade i antal medan föroreningskänsliga och kvävegynnade arter stod för en markant ökning. Den tydligaste ökningen i antal arter skedde i referensytorna ute på landsbygden, vilket enligt författarna tyder på en förbättrad luftkvalitet. Förklaringen till att skillnaden var stor mellan områden på landsbygden och i stadsmiljön tror författarna beror på att luftkvaliteten hade blivit så pass god i landsbygdsmiljöerna att återkolonisering av känsliga lavar har kunnat ske. Inne i städerna däremot hade luftkvaliteten inte nått upp till de nivåer som krävs för att klara en återinvandring av nya lavar. Detta är en förklaring som styrks av Giordani (2007) som observerade hur höga halter av kväveoxider från trafiken i Italien påverkat lavarna negativt och som troligtvis bidragit till att lavarna har haft svårt att kolonisera stadsnära områden. Enligt en annan svensk undersökning gjord i Stockholm gick det att se en återinvandring av lavar inne i staden där lavfloran dominerades av nitrofytiska lavar men att lavarna var små och i dålig kondition. I undersökningen användes gamla data från Skye (1968) för att kunna se utvecklingen av lavfloran (Lagerqvist 2001).

Spridning av luftföroreningar

Davies m.fl. (2006) såg att halten av NO₂ minskar med ökande avstånd från vägen och har minskat med 70 % redan efter 20-30 meter. Vid mätningar av kvoten NO₂/NO_x i städer var den 0,25 vid vägganten och 0,5 som bakgrundshalt och på landsbygden var kvoten ännu högre. Detta visar att halten NO₂ minskar snabbare än NO_x med ökande avstånd från vägarna vilket kan styrkas av flera andra forskare (Bignal m.fl. 2007, 2008, Riddell m.fl. 2008, Turcott m.fl. 2004). Bignal m.fl. (2007) har i sin undersökning kommit fram till att halten av NO₂ minskar som mest mellan 50-100 meter från vägen och efter 100 meter kunde ingen direkt skillnad observeras jämfört med bakgrundshalten. Turcott m.fl. (2008) observerade störst minskning av NO₂ och NH₃ där trafikintensiteten var som högst, alltså där det var mest utsläpp. Gombert m.fl. (2002) upptäckte ett samband mellan koncentrationen av kväve i lavarna och avståndet från vägen, där längre avstånd från utsläppskällan visade mindre kväve i lavarna. Detta är ett samband som styrks av Frati m.fl. (2006) som studerat detta vid en

grisfarm i Italien. De fann en stark koppling mellan minskad kvävehalt i lavarna med ökat avstånd från grisfarmen. I undersökningen av Gombert m.fl. (2006) upptäckte de även att koncentrationen av totalkväve i lavarna ökade med en ökning i trafikmängd. Brännvall m.fl. (2005) noterade en minskning av kvävedioxid sedan 1980-talet tack vare användandet av katalysatorer, men minskningen har avstannat under 2000-talet på grund av den ökande trafikmängden.

Föroreningarnas påverkan på lavar

Tretiach m.fl. (2007) har kommit fram till att NO₂ oxiderar membranets fosforlipider och bildar starka fria radikaler som ökar andelen ROS (Reactive Oxygen Species). NO verkar å andra sidan reagera med bl. a. ROS och bilda många olika giftiga ämnen såsom nitratradi-kaler och i båda fallen bildas skadorna genom oxidativa processer. Vid höga halter av NO₂ i luften tas gasen upp i laven och kan lösa sig sex gånger lättare än NO eftersom nitritjoner (NO₂⁻) och nitratjoner (NO₃⁻) redan finns i cellväggarna. Vid låga koncentrationer är dessa molekyler inte giftiga men vid höga koncentrationer orsakar de en försurning av cytoplasman vilket skapar sönderfall av proteiner, aminosyror och nukleinsyror. Detta är ett resultat som överensstämmer med Wellburn (1990), där han fann att NO hämmar tillväxten hos lavar på grund av de fria radikalerna. Enligt Riddell m.fl. (2008) minskar andelen klorofyll i lavar om de utsätts för salpetersyra, HNO₃, men även respirationen minskade. Detta tyder enligt Riddell m.fl. (2008) på att både algen och svampen påverkas och skadas. Om både respirationen och fotosyntesen minskar leder det till minskad förmåga att fixera kol till energi som stör viktiga mekanismer och gör det svårt för lavarna att klara metabolismen, tillväxten och reproduktionen. Enligt Riddell m.fl. (2008) beror minskningen av fotosyntesen på en försurning vilket leder till en omvandling av klorofyll till ett brunt icke fotosyntetiserande pigment, phaeophytin. HNO₃ bildas vid förbränning av fossila bränslen och genom att NO_x reagerar med luftens vattenånga. Problemet med oxiderade former av kväve är större i södra Kalifornien i USA än i Europa där de reducerade formerna av kväve är vanligare. Orsaken beror troligen på Kaliforniens torra klimat (Riddell m.fl. 2008).

Gombert m.fl. (2006) gjorde en undersökning av hur trafikens utsläpp av kväve påverkar acidofytiska och nitrofyttiska lavar. I försöket använde de *Hypogymnia physodes* som är en acidofytisk lav och *Physcia adscendens* som är en nitrofyttisk lav. Författarna kom fram till att *H. physodes* inte alls påverkas utav kväveavgaser men de observerade en påverkan på *P. adscendens*. Orsaken tror Gombert m.fl. (2006) beror på lavarnas olika bålstruktur där *P. adscendens* skrovliga bål har bättre förmåga än *H. physodes* släta bål att få kvävepartiklar att fastna på bålen.

Miljökvalitetsnormer-MKN

Miljökvalitetsnormer (MKN) infördes 1999 i miljöbalken i Sverige för att juridiskt kunna styra och miljösmål och för att kunna införa EU-direktiv. Normerna har fastställda nivåer för olika halter som inte får överskridas vid en tidpunkt eller mellan flera bestämda tidpunkter och gäller för luft, vatten och mark. För luft finns normer för följande föreningar: NO₂, NO, SO₂, CO, bly (Pb), bensen, PM10 (partiklar med en storlek på <10 µm) och ozon. Ansvar för att normerna inte överskrids ligger hos kommunerna och om överskridande sker ska det rapporteras till Naturvårdsverket som bedömer vilka åtgärder som ska vidtas (Brännvall m.fl. 2005). Intensiteten i övervakningen styrs av hur höga halter som uppmäts. Det finns även fall som omfattas av percentiler vilket innebär att halterna får överstiga bestämda nivåer ett visst antal gånger utan att normen anses vara överträdd (Brännvall m.fl. 2005). De fastställda miljökvalitetsnormerna får inte överskridas efter den 31 december 2004 (Brännvall m.fl. 2005).

Luftmätningar i Gävleborg

Gävles mätningar började på 1970-talet med mätningar av svaveldioxid och sot (Brännvall m.fl. 2005). Med början från 1980-talet deltar Gävle kommun i ett mätnätverk som kallas URBAN som är ett samarbete mellan IVL Svenska Miljöinstitutet och landets kommuner. Syftet med URBAN är att kartlägga luftkvaliteten i kommunens tätorter och på så sätt möjliggöra jämförelser med gränsvärden och miljökvalitetsnormer. Sedan 1991 sker Gävle kommuns mätningar med hjälp av Stockholms läns och Uppsala läns luftvårdsförbund (Brännvall m.fl. 2005). I Gävle mäts NO₂ i gatumiljö vid Södra Kungsgatan och mätningar sker varje timma (Lövenheim & Eneroth 2008).

Kvävedioxid

I Gävleborg finns de högst uppmätta halterna av NO₂ i Gävle och i Hofors och jämfört med det nationella årsmedelvärdet ligger Gävleborgs årsmedelvärde lägre (Brännvall m.fl. 2005). I Tabell 1A framgår regeringens föreskrifter om vilka halter och gränser som inte får överskridas enligt MKN och i Tabell 1B att målet för skydd av vegetation är högre ställt än för skydd av människors hälsa.

Tabell 1A. Miljökvalitetsnorm (MKN) för NO₂ i utomhusluft som skydd för människors hälsa

Tid	Medelvärde (µg/m ³)	Anmärkning
1 timme	90	Värdet får ej överskridas mer än 175 tim/år
1 dygn	60	Värdet får ej överskridas mer än 7 dygn/år
1 år	40	Får inte överskridas

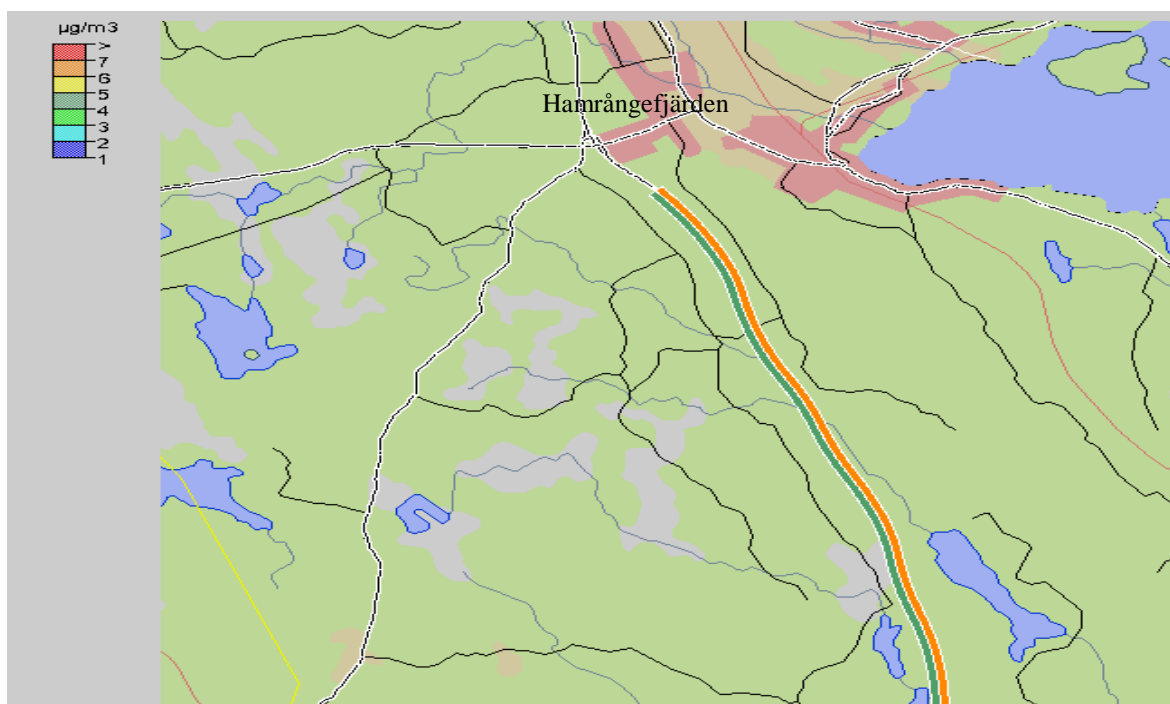
Källa (SFS 2001:527).

Tabell 1B. Miljökvalitetsnorm (MKN) för NO₂ för skydd av vegetationen. Värdet får inte överskrida 30 µg/m³ som medelvärde för ett år

Tid	Medelvärde (µg/m ³)	Anmärkning
1 år	30	Får inte överskridas

Källa (SFS 2001:527).

Även Vägverket gör mätningar och analyser längs med landets vägar och Örjan Asplund på avdelningen Strategisk planering på Vägverket Region Mitt har tagit fram kartor och beräkningar av utsläppen längs E4:an norr om Gävle med hjälp av insamlade data från 2005 (Asplund, Ö. Strategisk planerare, Samhällsplanering. Vägverket Region Mitt. *Personlig kontakt 2009-02-12*). Tabell 2A visar att det under året passerade runt 10114 fordon varje dygn på den undersökta sträckan och av dessa utgjorde de tunga fordonen färre än en femtedel men bidrar till drygt tre femtedelar av utsläppen. Tabell 2B visar att det undersökta området inte är påverkat av varken utsläppen i Gävle eller av pappersbruket i Norrsundet. Den uppskattade bakgrundshalten är lika stor på båda sidor om vägen som i hela länet. Det framgår även i Tabell 2B att årsmedelvärdet av NO₂ är 6,1 µg/m³ längs den östra sidan av vägen och 4,6 µg/m³ längs den västra sidan. Det går tydligt att se den förhärskande vindriktningens påverkan genom att det är högre koncentration av NO₂ på vägens östra sida, alltså är vindriktningen mestadels västlig (Figur 1).



Figur 1. Årsmedelvärdet för NO_2 i $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Den röda färgen öster om E4:an och den gröna färgen väster om E4:an visar att föroreningsbelastningen är större längs vägens östra sida på grund av den förhärskande vindriktningen. Beräknat på data från 2005 som avser sträckan söder om Hagsta och beräknat med ett avstånd på 20 meter från vägen. (Källa: Vägverket)

Tabell 2A. Andelen fordon per dygn som passerade på E4:an år 2005

NO_x	fordon/dygn
Totalt	10114
Lätta fordon	8358
Tunga fordon	1756

Källa: Vägverket.

Tabell 2B. Årsmedelvärden för halter av NO_2 beräknat längs E4:a-sträckan söder om Hagsta med ett avstånd av 20 meter från vägen och på data från 2005

NO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	väster om vägen	öster om vägen
Regionalt bidrag utland	0,6	0,6
Regionalt bidrag Sverige	1,2	1,2
Urbant bidrag	0,0	0,0
Lokalt bidrag	2,8	4,3
Totalt	4,6	6,1

Källa: Vägverket

Lövenheim (2006) visar i sin rapport att 98-percentilen av dygnsmedelvärdet för kvävedioxid längs den undersökta sträckan ligger mellan 24-36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Med detta menas att då normen har överskridits sju dygn tas ett dygnsmedelvärde för det åttonde dygnet som normen överskrids och detta värde får inte överstiga 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ enligt miljö kvalitetsnormen som visas i Tabell 1A (Lövenheim 2006).

Svaveldioxid

I Gävle finns mätningar av svaveldioxid sedan 1980-talet och de visar att halterna har sjunkit de senaste 20 åren, alltså samma trend som för övriga Sverige och för övriga Europa (Brännvall m.fl. 2005). Detta beror på att svavelinnehållet i bränslet har reducerats och på grund av sjunkande halter har även mätningarna blivit färre. Ett miljö kvalitetsmål för skydd av känsliga ekosystem finns för höga halter av SO₂ (SFS 2001:527). Detta innebär att halten SO₂ inte får överstiga 5 µg/m³. Detta är ett betydligt strängare krav än Miljö kvalitetsnormen. I Tabell 3A och 3B visas den uppsatta Miljö kvalitetsnormen för SO₂ i utomhusluft enligt *Förordning om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft* SFS (2001:527). Värdet visar vilken halt som är den högsta tillåtna och under rubriken anmärkningar visas hur ofta det är tillåtet att dessa halter överskrids. Om värdet överskrider den tillåtna tiden måste det rapporteras till Naturvårdsverket som föreslår vilka åtgärder som ska vidtas (Brännvall m.fl. 2005). De orter i Sverige som har stor internationell sjöfart är de enda som överskrider miljö kvalitetsmålet för ekosystemen. Under vintern 2003/04 mättes ett vinterhalvårsmedelvärde på 3,3 µg/m³ i Gävle (Brännvall m.fl. 2005).

Tabell 3A. Miljö kvalitetsnormer (MKN) som skydd för människors hälsa för SO₂ i utomhusluft. Värdet som inte får överskridas efter den 31 december 2004 (SFS 2001:527)

Tid	Medelvärde µg/m ³	Anmärkningar
1 timme	200	Värdet får ej överskridas mer än 175 tim/år
1 dygn	100	Värdet får ej överskridas mer än 7 dygn/år

Tabell 3B. Miljö kvalitetsnormer (MKN) som skydd för vegetationen för SO₂ i utomhusluft som ska skydda vegetationen (SFS 2001:527)

Tid	Medelvärde µg/m ³	Anmärkningar
1 vinterhalvår	20	Får inte överskridas
1 år	20	Får inte överskridas

Marknära ozon

Marknära ozon (O₃) är en sekundär luftförorening som bildas genom fotolys av NO₂ och kolväten. Den kemiska reaktionen påskyndas av höga temperaturer vilket ger en högre halt ozon under sommaren. Eftersom ozon bryts ned av kväveoxid till kvävedioxid minskar halterna ozon där halten av kväveoxid är hög (Brännvall m.fl. 2005). Därför går det att se en ökad halt ozon utanför städer på grund av mindre utsläpp från trafiken. Där trafikintensiteten är hög är också halten av NO hög och detta leder till att det ozon som finns bryts ned av NO. Utanför städerna är utsläppen inte lika höga och därmed är halterna av NO lägre, detta i sin tur minskar nedbrytningen av ozon (Wålinder m.fl. 2001).

Bakgrundshalter och deposition

I Gävle har den regionala bakgrundshalten av NO₂ mätts upp till ungefär 2 µg/m³ under mätperioden 2002/03. För hela Gävleborg varierar årsmedelhalterna mellan 1-2 µg/m³ medan de i Skåne uppmätta halterna varierar mellan 8-12 µg/m³ för samma period. Båda områdena ligger därmed under föreskrifterna för miljö kvalitetsnormens maximala värde som är

30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. När det gäller SO_2 ligger även dessa halter mycket under MKN:s maxvärde på 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ för Gävleborg där det uppmätta medelvärdet för vinterhalvåret är runt 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Kommunerna i Gävleborgs län klarar även av Riksdagens andra miljökalitessmål "Frisk luft" vilket innebär att årsmedelvärdet för SO_2 inte får överstiga 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Brännvall m.fl. 2005).

Nedfallet av både svavel och kväve under 2002/03 var störst i södra Sverige och avtog längre norrut, samma trend gick att se i Gävleborgs län där de högsta halterna var i Gävle och avtog norrut (Brännvall m.fl. 2005). Den totala svaveldepositionen i länet var störst i Gävle och i Ockelbo med halter på 4-5 kg/ha och år. Kvävedepositionen var störst i Gävle med 3,5-4,5 kg/ha och år vilket kan jämföras med södra Sverige där kvävedepositionen är 10-15 kg/ha (Brännvall m.fl. 2005).

Metodik

Index

För att kunna jämföra lavfloran mellan olika områden finns det olika index att använda. Dessa index visar på hur påverkad lavfloran är av luftföroreningar. Med hjälp av olika indexberäkningar är det möjligt att kvantifiera påverkan och därmed går det att jämföra olika områden. Med lavar som bioindikatorer går det att se om ett område är påverkat av luftföroreningar eller inte då artsammansättningen ger en bild av områdets luftkvalitet.

Lavarnas känslighetsvärden

I samarbete med Naturvårdsverket har Hultengren m.fl. (1991) tagit fram en poängskala över olika lavars känslighet för luftföroreningar, ett så kallat känslighetsvärde (K-värde).

Hultengren m.fl. (1991) jämförde många olika skalor för lavars känslighet med varandra och utformade därigenom ett gemensamt index som de gav namnet K-värde. K-värdet anges enligt en skala mellan 0-9 där högre K-värde står för en känsligare lavart (Tabell 4).

Tabell 4. Känslighetstabell över lavars känslighetsvärden (K-värden) (Malmqvist 2008)

K-värde	Känslighet	Föroreningsbelastning
0	Mycket tåliga arter, eller föroreningsgynnade arter	Mycket hög
1	Mycket tåliga arter, eller föroreningsgynnade arter	
2	Tåliga arter	
3	Tåliga arter	
4	Känsliga arter	
5	Känsliga arter	
6	Mycket känsliga arter	
7	Mycket känsliga arter	
8	Mycket känsliga arter	Mycket låg
9	Mycket känsliga arter	

Känslighetsvärdet anger "dödstal" för varje lavart, vilket innebär den maximala föroreningsbelastningen som lavarna tål, därmed är K-värdet relativt oberoende av trädslag på grund av att det anger vid vilken föroreningsbelastning lavar dör. Detta gör att jämförelser mellan olika områden med olika trädslag låter sig göras. Då antalet lavar på den aktuella trädstammen tas med i beräkningarna kan ett medelkänslighetsvärde (MK-värde) räknas fram enligt följande (Hultengren m.fl. 1991).

$$\text{Medelkänslighetsvärde} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (K_i)$$

K_i = respektive arts känslighetsvärde

n = antalet lavarter på trädstammen

Med hjälp av medelkänslighetsvärdet kan sedan jämförelser mellan olika områden och trädslag göras. Varje träd erhåller ett MK-värde som beskriver hur mycket lavfloran är påverkad av luftföroreningarna. Värdet varierar från 0 till värden över 4 (Tabell 5).

Tabell 5. Känslighetstabell baserad på medelkänslighetsvärde (MK-värde) (Malmqvist 2008)

Medelkänslighetsvärde	Luftföroreningars påverkan på lavfloran	Föroreningsbelastning
<1,0	Mycket kraftigt påverkad lavflora	Mycket hög
1-2	Kraftigt påverkad lavflora	
2-3	Måttligt påverkad lavflora	
3-4	Svagt påverkad lavflora	
>4	Helt opåverkad lavflora	
		Mycket låg

Skogsyntans lavkvalitetsindex - LKI

Skogsyntans lavindex (LKI) är ett känslighetsvärde för varje provyta beräknat som det relativa värdet. Enligt Hultengren m.fl. (1991) är det vanskligt att jämföra LKI mellan olika trädslag och det är även lämpligt att jämnigamla träd jämförs. Författarna anser också att antalet inventerade träd ska vara så lika som möjligt i varje område som ska jämföras. Detta för att hålla alla parametrar som kan påverka resultatet lika för att kunna säkerställa ett jämförbart resultat. Fördelen med testet är att det tar hänsyn till antal bål istället för bålarnas form. Denna hänsyn minskar risken för felaktigheter i slutresultatet som beräkningar med täckningsgrad medför, t.ex. arter som har liten bål kommer aldrig att ge stor täckningsgrad och värdet blir då undervärderat (Hultengren m.fl. 1991). Områden med höga indexvärden hyser arter som är känsliga för luftföroreningar.

LKI räknas fram enligt följande formel

$$\text{LKI} = 1/t \sum_{i=1}^n (K_i \times f_i)$$

K_i = respektive arts känslighetsvärde

f_i = antalet träd där respektive art påträffats

t = antalet inventerade träd

n = antalet lavarter

Kvävetal

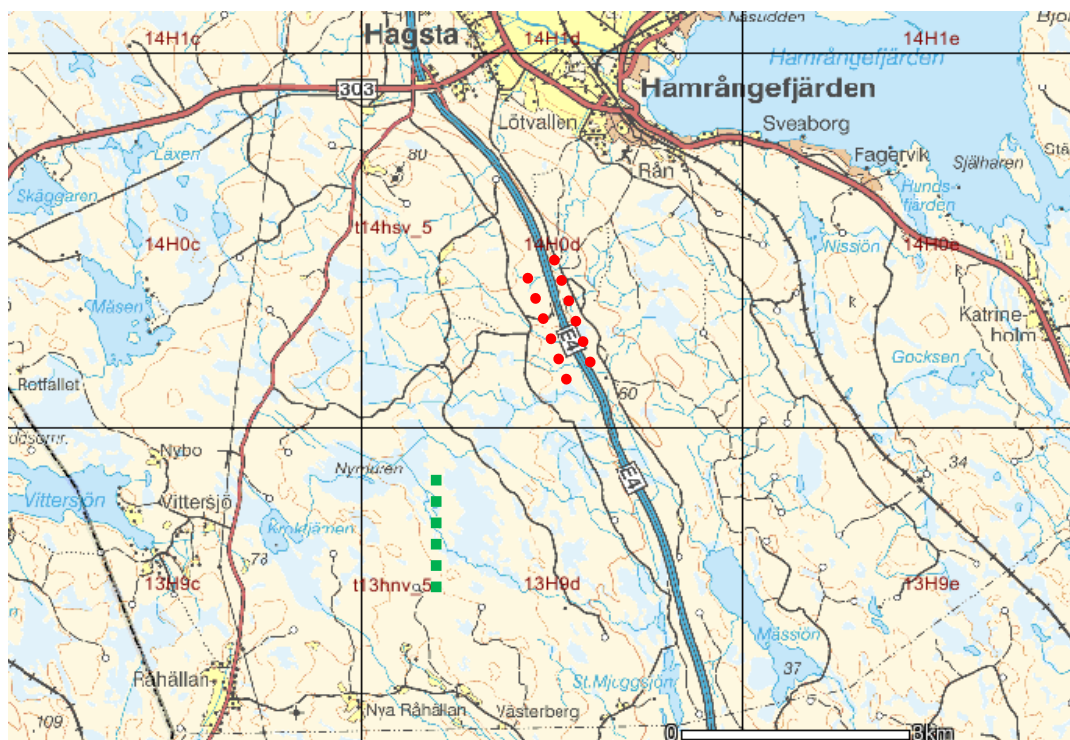
De tidigare nämnda indexen har baserats på lavars känslighet för olika typer av luftföroreningar och främst SO₂. För att kunna bedöma halten av kväverika luftföroreningar har lavar tilldelats ett kvävetal (N-tal). Värdet ges utifrån lavars krav på näring, där arter som växer på kväverika substrat ges ett högt kvävetal och arter med krav på mindre kväverika substrat ges ett lägre kvävetal. Skalan över kvävetal går från 0 till 4 och baserar sig på uppgifter i Wirth (1980). Om det växer kvävegynnade lavar på träd med näringsfattig bark är det ett tecken på att luften innehåller stora mängder med kväve. Detta på grund av att näringsfattigbarksträd utsätts för höga halter kväveoxid koloniserar de av kvävegynnade lavar då kväveföreningar från luften fastnar på barken (van Herk 1999). Därför är träd med näringsfattig bark, t.ex. tall bra indikatorer för undersökningar av kväveföreningar.

Provytor

Fältjobbet för denna undersökning ägde rum i slutet av december 2008 och i januari 2009. Undersökningen omfattar 12 provytor längs E4:an i Gävleborgs län mellan Gävle och Hagsta och är belägen några kilometer söder om Hagsta krog (Figur 2) och ett referensområde med sex provytor 2 km väster om E4:an. Sträckan med provytor längs motorvägen mäter 1900 meter och har valts på grund av att det är ett motlut åt norr som troligen genererar en högre mängd avgaser än en raksträcka. Vid avfarten i Hagsta går en väg i östlig riktning mot byn Lötvallen. I Lötvallen finns en väg som leder söder ut, parallellt med E4:an. Efter ungefär två kilometer på denna skogsbilväg börjar skogen och det är här som undersökningsområdet startar och sträcker sig sedan söder ut längs med E4:an (Figur 2). Referensområdet ligger i ett område praktiskt taget utan bebyggelse. Lokalen kallas för Fallbacken och ligger mitt emellan Nya Råhällan och Västerberg (Figur 1). Mellan de båda byarna finns en avtagsväg norrut och i slutet på denna avtagsväg finns en vändplats och det är slutpunkten för referensområdets transekt. Även här sträcker sig transekten 1900 meter med start i norr och slutar i söder cirka 200 meter sydost om vändplatsen och innehåller sex provytor.

Varje provyta som inventerats utmed E4:an avgränsas mot vägen av viltstängsel. Trädslagen indelas i olika klasser vad gäller deras pH i barken. Träd med neutralt pH har näringsrik bark och hit hör de flesta ädla lövträd. Träd med lågt pH och följaktligen näringsfattig bark är björk, gran och tall (Hultengren m.fl. 1991). De olika trädklasserna har därför en likartad och relativt förutsägbar lavflora och lämpar sig därför bra till denna typ av undersökning. Det är alltså viktigt att samma trädslag väljs för varje område så att miljöerna kan jämföras. Tallarna får inte stå nära lövträd då dessa kan utsätta tallarna för näringsrikt krondropp, vilket då kan ändra lavfloran på träden (Goward m.fl. 2000). Varje träd har totalinventerats på blad- och busklavar från en halv meter ovan marken upp till två meter upp på stammen. Anledningen till att den nedersta halvmeteren undantogs är på grund av att den delen av stammen ofta är snötäckt vilket orsakar ett annat mikroklimat för lavfloran. För inventeringen har en handlupp med 10x förstoring använts och de lavar som inte gått att artbestämma i fält har samlats in för artbestämning i lab. Vägverket Region Mitt har plockat fram data ur SIMAIR för den aktuella sträckan och dessa data visar att den förhärskande vindriktningen är västlig. Av denna anledning har sex provytor på vardera sidan om vägen valts för att få en jämn bild av utsläppens påverkan, alla provytor på den östra sidan av vägen utgör en lokal och har fått

namnet Hagsta Östra. Alla provytor längs med den västra sidan av vägen utgör en annan lokal och har fått namnet Hagsta Västra. För att undvika slumpfaktorer har en punkt var 250:e meter bildat mitten av en provruta på 20x20 meter. De tre tallar närmast mittpunkten som uppfyllde urvalskriterierna inventerades. Med urvalskriterier menas att tallarna ska ha så likartade förutsättningar som möjligt, dvs. samma ljusförutsättningar och barktyp, samt en diameter på 25-35 cm i brösthöjd. Brösthöjdsdiametern mäts ca 130 cm över markytan. Ett träd som står ljust och öppet har en annan lavflora än ett träd som står i skugga. Grova och gamla träd skiljer sig vad gäller struktur och grovlek på barken i förhållande till unga och smala träd, vilket gynnar olika lavarter och därför mättes stamdiametern. Inom de provytor där det fanns björkar som också mäter mellan 25-35 cm i diameter har dessa inventerats, upp till tre stycken. Vid något undantag har även smalare björkar använts för att få in data. Björkar har en annan typ av lavflora som oftast har högre N-tal och utgör ett komplement till tallarna. Då det inte fanns tallar som uppfyllde baskraven har punkten flyttas framåt parallellt med vägen tills dess att kraven blivit uppfyllda. Från den framflyttade punkten räknades 250 meter till nästa provyta. Det finns även fall där tall helt saknas och där det istället är fuktig björkskog eller tät granskog. Även i dessa fall har punkten flyttats framåt tills dess att baskraven uppfylls. Detta medför att provytorerna på vardera sidan av vägen inte nödvändigtvis ligger mittemot varandra. För att kunna referera till om lavfloran är påverkad av utsläppen längs E4:an eller om det beror på storskalig extern påverkan inventerades ett referensområde som består av liknande tallskog som motorvägsområdet. För positionering och avståndsmätning har en GPS använts. Koordinaterna har tagits enligt Rikets nät där RT 90 använts.



Figur 2. Karta över de två undersökningslokalerna längs med E4:an (röda prickar) och referenslokalen (gröna kvadrater).

Val av lavar

De lavar som har inventerats är blad- och busklavar för att de generellt är mer känsliga för luftföroreningar än vad skorplavar är. Dessutom har skorplavarna blågrå mjöllav *Lepraria incana* och blodlav *Mycoblastus sanguinarius* inventerats liksom även den frilevande grönalgen *Desmococcus* spp. då dessa är lämpliga indikatorer när resultaten ska jämföras med tidigare gjorda studier (Hultengren & Stenström 1988).

Fotodokumentation

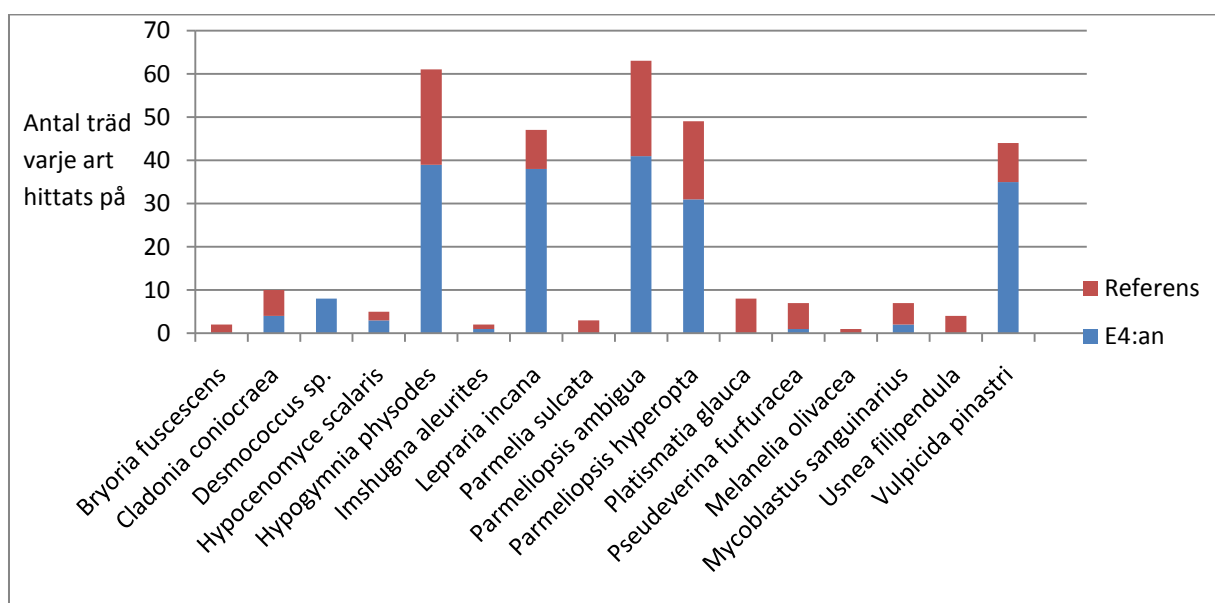
Syftet med att fotodokumentera träden är att studera lavflorans förändring över tid och möjliggöra framtida studier och jämförelser. Dokumentationen ger lavarernas relativa frekvens men resultatet används inte i denna rapport. Metoden följer Hultengren & Stenström (1988) med den skillnaden att de inventerade träden i södra Sverige med större diameter vilket gjort att träramens yta i denna undersökning har halverats. I varje provyta har en tall av de tre inventerade tallarna valts ut för att fotodokumenteras. Det träd med rikast lavflora har då prioriterats för att det lättare ska gå att se eventuella förändringar och för att vara i linje med metodiken beskriven av Hultengren & Stenström (1988). Att trädet för fotodokumentationen inte slumpas ut beror på att det inte har någon betydelse då upprepade inventeringar sker på samma träd. På det utvalda trädets lavrikaste del från 25 cm över marken till två meter över marken valdes en punkt ut och märktes med en träplugg i trädet. Denna träplugg utgör mitten av en fotoram på 28,8x28,8 cm och som ska underlätta att samma punkt återinventeras vart femte år. Vid analysen av fotografierna läggs ett raster med 50 ringar ovanpå bilden och den dominerande arten i varje ring registreras (Hultengren m.fl. 1991). Detta ger lavarernas relativa frekvens och kompletterar medelkänslighetsvärdet då detta inte tar hänsyn till hur stor yta som lavarna täcker utan bara säger något om förhållandet mellan arterna. Utrustningen till denna inventering är en digitalkamera av märket Pentax Optio med 3xzoom och en lins på 6,3 – 18,9 mm, en träram med måtten 28,8x28,8 cm, kamerastativ samt borr och träpluggar. Ett vattenpass användes för att fotoramen skulle vara i våg.

Statistisk analys

För den statistiska analysen användes MiniTab 15. I programmet utfördes beräkningar med hjälp av ANOVA och Tukey's test för att kunna se om det är någon skillnad mellan de olika områdena. ANOVA ger en bild av om någon av de tre lokalerna eller de två områdena skiljer sig åt i variationen medan Tukey's test ger en bild av vilken som är den avvikande.

Resultat

Totalt har 64 träd inventerats i denna undersökning och utav dessa är tio stycken björkar och resten tall (Bilaga 1). På dess 64 träd har 15 stycken olika lavararter samt en alg hittats (Tabell 7). Av de 15 lavarterna fanns 14 stycken i referensområdet medan i undersökningsområdet hittades endast 11 arter. Den mest förekommande laven i undersökningen är *Parmeliopsis ambigua* följt av *Hypogymnia physodes*. Den arten som inte är representerad i referensområdet är *Desmococcus* spp., en alg som klassas som föroreningstålig och kvävegynnad (Hultengren m.fl. 1991). De arter som bara hittades i referensområdet är de mest känsliga arterna så som *Usnea filipendula*, *Bryoria fuscescens*, *Melanelia olivacea* och *Platismatia glauca* (Figur 3).



Figur 3. Arternas förekomst och fördelning över de olika provytorna. Den vertikala axeln visar det totala antalet fynd av varje art på alla inventerade träd medan färgkoderna står för undersökningsområdet (E4:an) och referensområdet. De arter som hittades på flest träd är *P. ambigua*, *H. physodes* och *P. hyperoptera*.

Vid beräkning av index är det vissa lavar som saknar värden i Hultengren m.fl. (1991) och dessa lavar har helt enkelt uteslutits ur beräkningarna. Det är lavarna märkta med * (Tabell 7) och det är kvävetalet som saknas. Eftersom det är lavar som helt saknar uppgifter är det svårt att tilldela dem ett uppskattat värde. Alla beräkningar i denna studie är gjorda enbart på tall på grund av att antalet björkar var för litet för ett statistiskt säkerställt resultat. Det kan nämnas att de björkar som inventerades skiljer sig åt i artsammansättningen områdena emellan. För E4:a området hittades totalt sju arter och för referensområdet hittades totalt 11 arter på björk (Tabell 6).

Tabell 6. Redovisning av vilka arter som hittades på björk för undersökningsområdet E4:an och för referensområdet Fallbacken

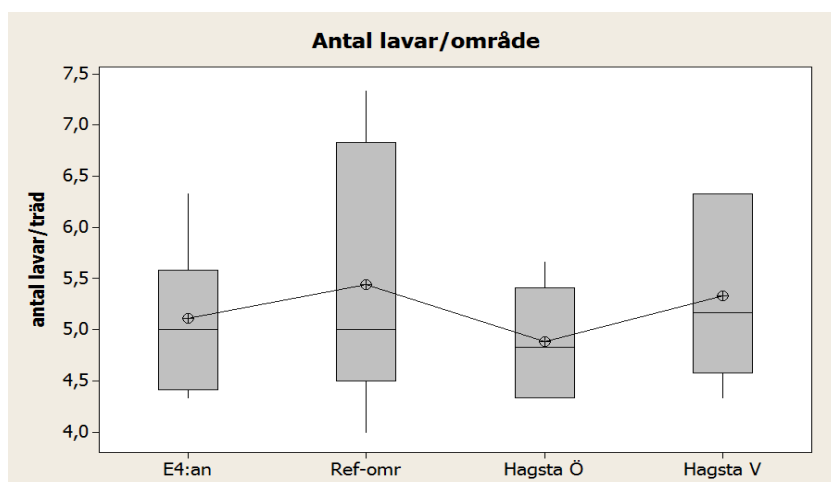
Arter	E4:an	Referensområdet
<i>Cladonia coniocraea</i>	2	0
<i>Hypogymnia physodes</i>	3	4
<i>Imshaugia aleurites</i>	1	1
<i>Lepraria incana</i>	4	0
<i>Melanelia olivacea</i>	0	1
<i>Mycoblastus sanguinarius</i>	0	1
<i>Parmelia sulcata</i>	0	3
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	5	4
<i>Parmeliopsis hyperopta</i>	1	2
<i>Platismatia glauca</i>	0	1
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	0	1
<i>Usnea filipendula</i>	0	1
<i>Vulpicida pinastri</i>	3	0

Tabell 7. Lavar funna längs med E4:an och i referensområdet. Känslighetsvärdet och kvävetalet följer Hultengren m.fl. (1991). Lavar markerade med * saknar värde och har uteslutits ur beräkningar av N-tal

Lavarter	K-värde	N-tal
<i>Bryoria fuscescens</i>	6	0
<i>Cladonia coniocraea</i>	2	0
<i>Desmococcus</i> spp.	0	3
<i>Hypogymnia physodes</i>	2	0,5
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	2	0
<i>Imshaugia aleurites</i>	7	*
<i>Lepraria incana</i>	1	0
<i>Melanelia olivacea</i>	6	*
<i>Mycoblastus sanguinarius</i>	7	*
<i>Parmelia sulcata</i>	3	0,5
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	2	0
<i>Parmeliopsis hyperopta</i>	3	*
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	4	0
<i>Platismatia glauca</i>	4	0
<i>Usnea filipendula</i>	7	0
<i>Vulpicida pinastri</i>	4	0

Medelantalet lavararter för varje lokal

Fallbacken har det största medelantalet arter per träd och den mest påverkade lokalen Hagsta Östra har minst antal arter per träd (Figur 4). Det är enligt ANOVA ($p = 0,672$) ingen signifikant skillnad mellan de olika områdena vad gäller antal arter per träd (Tabell 8).



Figur 4. Medelvärden för antal lavararter per träd för de olika områdena. Felstaplarna visar standardavvikelser.

Tabell 8. Analys av varians (ANOVA) för antal lavar per område. DF: degrees of freedom, SS: sum of squares, MS: mean of squares

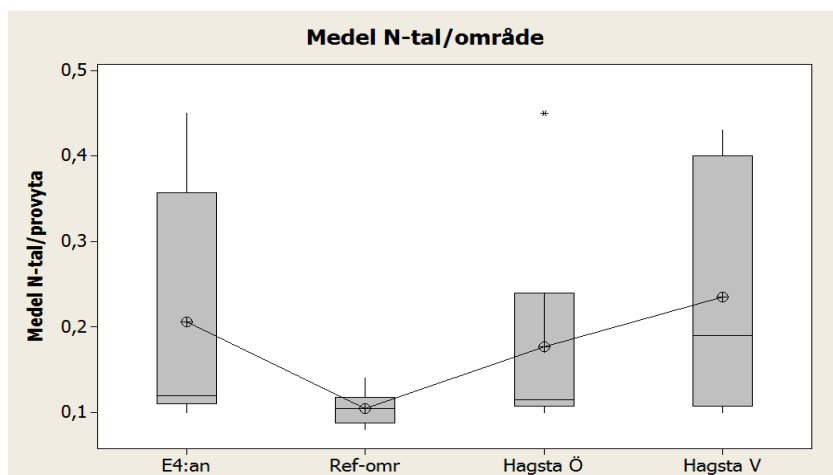
One-way ANOVA: Antal lavar/område					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	1,130	0,377	0,52	0,672
Error	26	18,796	0,723		
Total	29	19,927			

Kvävetal

Vid jämförelse mellan trädens kvävetal för de olika områdena gav ANOVA ett p-värde på 0,320 (Figur 5). Det är ingen signifikant skillnad mellan lokalernas och områdenas kvävetal. Det går däremot se att undersökningsområdet E4:an har en mer kvävegynnad lavflora än referensområdet (Figur 5).

Tabell 9. Analys av varians (ANOVA) för medel N-tal per område. DF: degrees of freedom, SS: sum of squares, MS: mean of squares

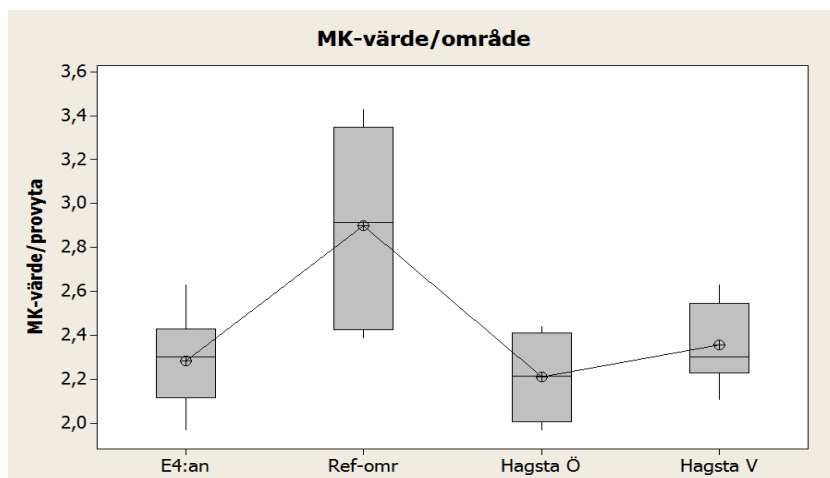
One way ANOVA: Medel N-tal/område					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0,0590	0,0197	1,23	0,320
Error	26	0,4173	0,0161		
Total	29	0,4763			



Figur5. Lådogram över de framräknade kvävetalen för varje lokal och område. Morrhåren visar standardavvikelser och en stjärna visar en outlier. ANOVA ger $p = 0,320$ vilket betyder att det inte är en statistisk säkerställd skillnad mellan lokalernas kvävetal.

Medelkänslighetsvärde

Vid jämförelser av medelkänslighetsvärdet är det en stor skillnad mellan referensområdet och undersökningsområdet. ANOVA ger en signifikant skillnad för de olika områdena ($P = 0,00$). Tukey's test visar att det är Fallbacken som skiljer sig åt med betydligt högre MK-värde (Tabell 11).



Figur 6. Lådogram över de olika områdenas och lokalernas medelkänslighetsvärden. Morrhåren visar standardavvikelser. ANOVA ger ett p -värde på 0,00 vilket ger en signifikant skillnad av medelkänslighetsvärden.

I Figur 6 framgår det att referensområdet har ett signifikant högre medelkänslighetsvärde än undersökningsområdet har (ANOVA $p=0,00$). I Tabell 10 framgår det att Fallbacken har ett medelkänslighetsvärde på 3 och hamnar i skarven mellan en svagt påverkad till måttligt påverkad lavflora (Tabell 5). Det går även att läsa i Tabell 10 att medelkänslighetsvärdet för Hagsta Östra ligger på 2,2 och för Hagsta Västra ligger det på 2,3 och detta innebär en måttligt påverkad lavflora (Tabell 5). Det bör också nämnas att Hagsta Östra har enstaka träd med ett index under 2,0 i medelkänslighet vilket betyder att enskilda träd har en kraftigt påverkad lavflora med flera lavararter som är mindre känsliga för luftföroreningar.

Jämförelsevis har Fallbacken inga träd som ligger under 2,6 vilket tyder på en klart mindre påverkad lavflora. Därmed kan det fastställas att lavfloran längs med E4:an är påverkad av luftföroreningar eftersom bakgrundshalten är den samma för både undersökningsområdet och referensområdet (Tabell 2B).

Tabell 10. Förteckning över provvyternas (P-yta) medelkänslighetsvärde och medelvärdet för hela lokalen

Lokal	P-yta 1	P-yta 2	P-yta 3	P-yta 4	P-yta 5	P-yta 6	Medel
Hagsta Ö	2,13	1,77	2,33	2,53	2,47	1,97	2,2
Hagsta V	2,3	2,3	2,13	2,27	2,47	2,52	2,33
Fallbacken	3,09	3,32	2,88	2,65	2,67	3,43	3

Tabell 11. Analys av varians (ANOVA) av medelkänslighetsvärde mellan områden. $P = 0,00$ vilket ger en signifikant skillnad. Tukey's test visar att referensområdet Fallbacken skiljer sig från de övriga genom att bara ha positiva värden och detta visar på en betydligt högre andel känsliga arter

One-way ANOVA: MK-värde/område					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	1,9032	0,6344	9,41	0,000
Error	26	1,7537	0,0674		
Total	29	3,6569			

Individual	95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
Level	N Mean StDev
E4:an	12 2,2825 0,1992 (----*-----)
Ref-omr	6 2,9017 0,4345 (-----*-----)
Hagsta Ö	6 2,2100 0,1986 (-----*-----)
Hagsta V	6 2,3550 0,1877 (-----*-----)

Pooled StDev = 0,2597

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals All Pairwise Comparisons
Individual confidence level = 98,91%

E4:an subtracted from:

	Lower	Center	Upper
Ref-omr	0,2629	0,6192	0,9754
Hagsta Ö	-0,4288	-0,0725	0,2838
Hagsta V	-0,2838	0,0725	0,4288

Ref-omr subtracted from:

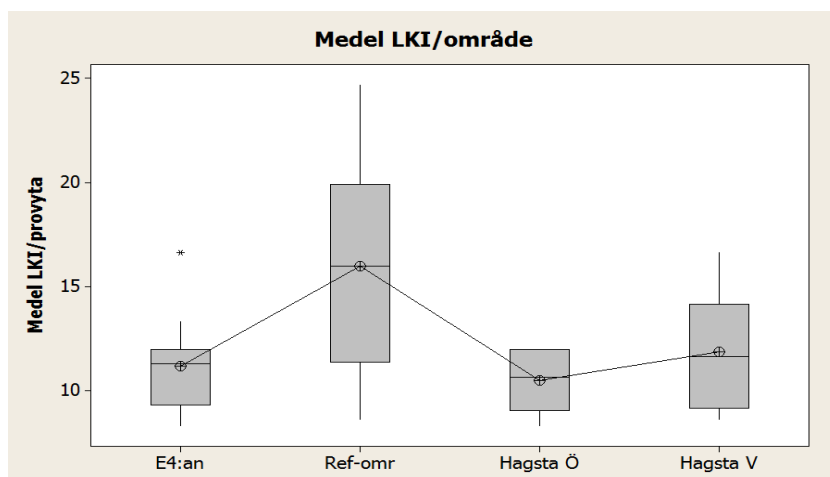
	Lower	Center	Upper
Hagsta Ö	-1,1030	-0,6917	-0,2803
Hagsta V	-0,9580	-0,5467	-0,1353

Hagsta Ö subtracted from:

	Lower	Center	Upper
Hagsta V	-0,2664	0,1450	0,5564

Skogsyntans lavkvalitetsindex – LKI

Vid jämförelse av skogsyntans lavkvalitetsindex områdena emellan visar ANOVA ett p-värde på 0,021 vilket är en signifikant skillnad i variation mellan områdena (Figur 7). Genom ett Tukey's test framgår det att det är referensområdet Fallbacken som skiljer sig från de övriga (Tabell 12). Områden med höga indexvärden hyser arter som är känsliga för föroreningar.



Figur 7. Jämförelser av LKI mellan områden. Morrhåren visar standardavvikelser. ANOVA ger $p = 0,021$ vilket är en signifikant skillnad.

Tabell 12. Analys av varians (ANOVA) för LKI mellan områden samt Tukey's test. Referensområdet har enbart positiva värden för Tukey's test vilket innebär att det skiljer sig från de övriga områdena

One-way ANOVA: LKI/område

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	116,8	38,9	3,87	0,021
Error	26	261,6	10,1		
Total	29	378,4			

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
E4:an	12	11,192	2,324	(-----*-----)
Ref-omr	6	16,002	5,450	(-----*-----)
Hagsta Ö	6	10,498	1,518	(-----*-----)
Hagsta V	6	11,885	2,903	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
9,0 12,0 15,0 18,0

Pooled StDev = 3,172

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 98,91%

E4:an subtracted from:

	Lower	Center	Upper	
Ref-omr	0,459	4,810	9,161	(-----*-----)
Hagsta Ö	-5,045	-0,693	3,658	(-----*-----)
Hagsta V	-3,658	0,693	5,045	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
-6,0 0,0 6,0 12,0

Ref-omr subtracted from:

	Lower	Center	Upper	
Hagsta Ö	-10,528	-5,503	-0,479	(-----*-----)
Hagsta V	-9,141	-4,117	0,908	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
-6,0 0,0 6,0 12,0

Hagsta Ö subtracted from:

	Lower	Center	Upper	
Hagsta V	-3,638	1,387	6,411	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
-6,0 0,0 6,0 12,0

Diskussion

Lokalernas artsammansättning och kvävetal

Hagsta Östra skiljer sig från de övriga två lokalerna genom att laven *Hypogymnia physodes* förekommer på flest träd. I de andra två lokalerna är *Parmeliopsis ambigua* den dominerande arten. Dessa två arter har olika kvävetal, *H. physodes* har 0,5 och *P. ambigua* har 0. Det ger ett svagt stöd åt hypotesen att halten av luftföroreningar är större på den östra sidan av E4:an vilket även Vägverkets kartor indikerar. Inventeringarna gav ett negativt resultat för *Desmococcus* spp. i referensområdet men inte i undersökningsområdet där algen påträffades på totalt åtta olika träd. *Desmococcus* spp. är den mest kvävegynnade arten i undersökningen och detta indikerar skillnader i luftens kvalitet i de olika områdena, om än inte statistiskt säkerställda. Innan allt för stor vikt läggs på kvävetalen bör det tilläggas att de lavar som inventerades huvudsakligen har kvävetal 0. Detta ger naturligtvis ett svagt resultat om endast två arter med ett värde över 0 påträffas samt att vissa arter faktiskt saknar kvävetal. Tanken med att inventera björkar var för att kunna fånga in flera arter med dokumenterade kvävetal och förhoppningsvis få en tydligare bild över kväveinnehållet i luften. Tyvärr fanns det inte tillräckligt med björkar för att kunna räkna fram ett resultat men det går att se en skillnad i artsammansättningen i Tabell 6. De arter som enbart växer i referensområdet är arter som är känsliga för luftföroreningar och det kan tyda på att områdena har olika luftkvaliteter.

Medelkänslighetsvärde

När föroreningshalten ökar kommer antalet lavararter och lavars frekvens att minska. Därför förväntas området längs E4:an ha ett lägre medelkänslighetsvärde än referensområdet på grund av biltrafiken. Resultatet visar en signifikant skillnad mellan undersökningsområdet och referensområdet vad gäller medelkänslighetsvärdet ($p = 0,00$). Det visar även att det är skillnad mellan lokalernas olika provtytor där den östra sidan av vägen har provtytor med kraftigt påverkad lavflora (Tabell 5). Däremot visar Tabell 10 att provtytorna längs den västra sidan av vägen och referensområdets provtytor har en måttligt påverkad lavflora. Den troligaste förklaringen är utsläppen från biltrafiken, då ingen annan föroreningskälla verkar påverka resultatet. Resultatet stämmer också väl överens med vad Bignal m.fl. (2007) kommit fram till angående spridningen av NO_2 , nämligen att NO_2 inte sprider sig längre än 100 meter och därmed borde inte referensområdet vara påverkat av trafikens utsläpp. Men det lägre medelkänslighetsvärdet kan även bero på att när E4:an anlades försvann många träd vilket skapade andra klimatförhållanden för lavarna. De träd som hamnade vid vägkanten blev mer exponerade för både vind och ljus. Detta orsakar ändrade förutsättningar för lavarna vilket också påverkar frekvensen och kolonisationen. Det som kan vara intressant för fortsatta studier är att jämföra lavbålars kvävehalter. Enligt Gombert m.fl. (2002) ökar koncentrationen av kväve i lavarnas bål med ökad trafikmängd. Därför kan jämförelser över tid av kvävekoncentrationen göras utifall trafikmängden eller om antalet miljöbilar ökar. Det kan också vara intressant med en jämförelse mellan undersökningsområdet och referensområdet när det gäller kvävehalten i luften för att klargöra om det är halterna av kväve som är orsaken till de olika lavflorna.

Skogsyntans lavkvalitetsindex - LKI

För skogsyntans lavkvalitetsindex ger ANOVA en signifikant skillnad mellan E4:an och referensområdet ($p = 0,021$). Detta visar att Fallbacken har en betydligt mindre påverkad lavflora av luftföroreningar än vad undersökningsområdet har.

Larsen m.fl. (2006) såg ett samband med skador på lavarna då koncentrationen av NO_x översteg $1130 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Davies m.fl. (2006) såg skador på lavfloran då årsmedelvärdet för NO_x översteg $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och när NO_2 översteg $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Enligt Larsen m.fl. (2006) har medelkoncentrationen för NO_x i London nått nivåer över $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och är en av orsaken till bristen på lavar inne i staden. I denna rapports undersökta område har Vägverket mätt upp ett årsmedelvärde av NO_2 till $6,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vilket ligger långt under de kritiska nivåer som Larsen m.fl. (2006) uppmätt och även långt under regeringens gränsvärden (Tabell 1A) och EU:s riktlinjer för känslig vegetation och ekosystem (Tabell 1B). Enligt Lövenheim (2006) är den beräknade 98 percentilen längs med E4:an mellan $24\text{--}36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som dygnsmedelvärde. Därmed ligger Gävleborg långt ifrån den riskzon som visas upp i London.

Slutsatser

Det är statistiskt säkerställt att det är en påverkan på lavfloran längs med E4:an norr om Gävle men för att kunna ge svar åt frågan vilka ämnen som påverkar lavfloran krävs att det görs riktiga mätningar. Metoden i denna rapport ger enbart svar åt frågan om lavfloran är påverkad men inte av vad. Därför vill jag återkoppla till vad Conti & Cechetti (2000) skriver i sin rapport om att lavar inte kan användas till kvantitativa mätningar av en substans utan de kan enbart användas för att mäta kvaliteten på luften då lavarna skadas av en mix olika ämnen. Tyvärr har jag inte hittat några liknande studier varken i Sverige eller i något annat land som gjorts med lavar längs en större väg som jag kunnat jämföra resultatet med. Det hade varit önskvärt och gett mer tyngd åt diskussionen.

En uppföljning av denna rapport efter cirka fem år där en ny fotodokumentation görs kan ge svaret på åt vilket håll det bär. Det som kan ha påverkat luftkvaliteten och därmed lavfloran kan vara om trafikmängden ökar i och med att den nya E4:an mellan Gävle och Uppsala har öppnats, eller möjligen om förbränningsmotorerna blir renare eller färre. Förändringar i luftkvaliteten borde märkas vid en ny fotodokumentation. Fotodokumentationen bör kunna visa status på lavarna som till exempel vitalitet och fertilitet, alltså borde det gå att se en skillnad i antal fruktkroppar eller missfärgningar av lavarna vid jämförelser av de olika fotona, men det är inget som undersökts i denna studie.

Tack

Jag vill ge ett stort tack till min handledare Göran Thor på ekologiska institutionen vid SLU för all hjälp med utformningen av metoden och med värdefulla kommentarer på arbetet. Ett stort tack går också till Olle Kellner på Länsstyrelsen i Gävleborg för hjälpen att komma på ett intressant och roligt ämne att skriva om, men också för lånet av utrustning under fältarbetet. Örjan Asplund på Vägverket Region Mitt förtjänar också ett stort tack för hjälpen med framtagning av luftföroreningsdata och kartor över luftföroreningar men också för hjälpen att tyda data och kartor. Jag vill även rikta ett tack till Mari Jönsson på ekologiska institutionen vid SLU för all hjälp med statistiken. Avslutningsvis vill jag tacka Linda Segerlind för korrekturläsning av arbetet och för uppmuntrande stöttning.

Referenser

- Signal, K. L., Ashmore, M., Headley, A. D., Stewart, K. & Weigert, K. 2007. Ecological impacts of air pollution from road transport on local vegetation. *Applied Geochemistry* 22:1265-1271.
- Signal, K. L., Ashmore, M. & Headley, A. D. 2008. Effects of air pollution from road transport on growth and on physiology of six transplanted bryophyte species. *Environmental Pollution* 156:332-340.
- Brännvall, M-L. & Mäkitalo, A. 2005. Luftmätningar i Gävleborgs län – sammanställning fram till 2005. *Länsstyrelsen Gävleborg. Rapport 2005:22*.
- Cislaghi, C. & Nimis, P. L. 1997. Lichens, air pollution and lung cancer. *Nature* 387:463-464.
- Conti, M. E. & Cecchetti, G. 2001. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment – a review. *Environmental Pollution* 114:471-492.
- Davies, L., Bates, J. W., Bell, J. N. B., James, P. W. & Purvis, O. W. 2006. Diversity and sensitivity of epiphytes to oxides of nitrogen in London. *Environmental Pollution* 146:299-310.
- Fрати, L., Santoni, S., Nicolardi, V., Gaggi, C., Brunalti, G., Guttova, A., Gaudino, S., Pati, A., Pirintsos, S.A. & Loppi, S. 2006. Lichen biomonitoring of ammonia emission and nitrogen deposition around a pig stockfarm. *Environmental Pollution* 146:311-316.
- Giordani, P. 2007. Is the diversity of epiphytic lichens a reliable indicator of air pollution? A case study in Italy. *Environmental Pollution*. 146:317-323.
- Gombert, S., Asta, J. & Seaward, M. R. D. 2002. Correlation between the nitrogen concentration of two epiphytic lichens and the traffic density in an urban area. *Environmental Pollution* 123:281-290.
- Goward, T. & Arsenault, A. 2000. Cyanolichen distribution in young unmanaged forests: a dripzone effect? *The Bryologist* 103, 28-37.
- Herzig, R., Liebendorfer, L., Urech, M., Amman, K., Cuecheva, M. & Landolt, W. 1989. Passive biomonitoring with lichens as a part of an integrated biological measuring system for monitoring air pollution in Switzerland. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 35: 43–57.
- Hultengren, S. 1987. Lavarna och Luften på Dal och i Trestad. *Länsstyrelsen i Älvsborgs län 1987:9*. Vänersborg.

Hultengren, S. & Stenström, J. 1988. Lavarna och luften i Ulricehamnsområdet. *Länsstyrelsen i Älvsborgs län 1988:2*. Vänersborg.

Hultengren, S., Martinsson, P-O. & Stenström, J. 1991. Lavar och luftföroreningar. Känslighetsklassning och indexberäkning av epifytiska lavar. *Naturvårdsverket Rapport 3967*. Solna.

Hultengren, S., Gralén, H. & Pleijel, H. 2004. Recovery of the epiphytic lichen flora following air quality improvement in south-west Sweden. *Water, Air and Soil Pollution 154:203-211*.

Lagerqvist, A. 2001. Lichens in downtown Stockholm. Has something happened since the 1960's? *Institutionen för naturvårdsbiologi. SLU*. Uppsala.

Larsen, R. S., Bell, J. N. B., James, P. W., Chimonides, P. J., Rumsey, F. J., Tremper, A. & Purvis, O. W. 2006. Lichen and bryophyte distribution on oak in London in relation to air pollution and bark acidity. *Environmental Pollution 146:332-340*.

Länsstyrelsen 2001. Förordning om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft. SFS (2001:527). <http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/20010527.htm> 2009-02-20.

Lövenheim, B. 2006. Kartläggning av kvävedioxid- och partikelhalter (PM10) i Gävle kommun. Jämförelser med miljö kvalitetsnormer. *LVF rapport 2006:39*. Stockholm. http://slb.mf.stockholm.se/slb/rapporter/pdf/lvf2006_39.pdf 2009-04-03.

Lövenheim, B. & Eneroth, K. 2008. Luftkvalitet i Stockholms och Uppsala län samt i Gävle och Sandviken kommun. Kontroll och jämförelse med miljö kvalitetsnormer år 2007. *LVF 2008:4*. Stockholm. http://epi.gavle.se/Upload2/_Bygg&Miljo/Fysisk%20planering/Miljo/lvf2008_004.pdf. 2009-04-02.

Malmqvist, A. 2008. Lavar och luftkvalité-uppföljning av lavforan i Blekinge län 2008. *Naturcentrum AB 2008*. Stenungsund.

Nash, T. H. 1976. Sensitivity of lichens to nitrogen dioxide fumigations. *Bryologist 79:103-106*.

Riddell, J., Nash, T. & Padgett, P. 2008. The effects of HNO₃ on *Ramalina menziesii*. *Flora 203:47-54*.

Seaward, M. R. D. 1993. Lichens and sulphur dioxide air pollution: field studies. *Environmental Reviews 1:73-91*.

Skye, E. 1968. Lichens and air pollution, a study of cryptogamic epiphytes and environment in the Stockholm region. *Acta Phytogeogr. Suec.* 52:1-123

Tretiach, M., Piccotto, M. & Baruffo, L. 2007. Effects of ambient NO_x on chlorophyll a fluorescence in transplanted *Flavoparmelia caperata* (Lichen). *Environmental Science & Technology* 41:2978-84.

Turcott, A. M., Palmer, S. C. F., Mc Gowan, G. M., Cape, J. N. & Smart, S. 2004. Vegetation composition of roadside verges in Scotland: the effect of nitrogen deposition, disturbance and management. *Environmental Pollution* 136:109-118.

van Dobben, H. F. & ter Braak, C. J. F. 1998. Effects of atmospheric NH₃ on epiphytic lichens in the Netherlands: pitfalls of biological monitoring. *Atmospheric environment* 32:551-557.

van Dobben, H. F., Wolterbeek, H. Th., Wamelink, G. W. W. & ter Braak, C. J. F. 2001. Relationship between epiphytic lichens, trace elements and gaseous atmospheric pollutants. *Environmental Pollution* 112:163-169.

van Herk, C. M 1999. Mapping of ammonia pollution with epiphytic lichens in the Netherlands. *Lichenologist* 31:9-20.

van Herk, C. M., Mathijssen-Spielman, E. A. M. & de Zwart, D. 2003. Long distance nitrogen air pollution effects on lichens in Europe. *Lichenologist* 35:347-59.

Wellburn, A. R. 1990. Why are atmospheric oxides of nitrogen usually phytotoxic and not alternative fertilizers. *New Phytologist* 115:395-429.

Wirth, V. 1980. *Flechtenflora*. Stuttgart

Wålinder, R., Norbäck, D. & Wieslander, G. 2001. Hälsoeffekter av trafikmiljön i centrala Uppsala. *Miljökontoret, Uppsala kommun*.

www.uppsala.se/Upload/Dokumentarkiv/Externt/Dokument/Vard_o_halsa/lufthalsa.pdf. 2009-02-03.

Bilaga 1

Provytor, HÖ1 är förkortning för Hagsta Östra provyta 1. HV1 är förkortning för Hagsta Västra provyta 1. F1 är förkortning för Fallbacken 1 osv. T står för Tall, B står för björk numreringen talar om vilken utav de tre inventerade träden det gäller.

[illegible]

HÖ4B																		
1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	
HÖ5T																		104-
1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	2337/38
HÖ5T																		
2	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	
HÖ5T																		
3	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	
HÖ5B																		
1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	
HÖ6T																		105-
1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2339/40
HÖ6T																		
2	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	5	
HÖ6T																		
3	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	5	
HV1T																		
1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	
HV1T																		105-
2	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	2341/42
HV1T																		
3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	
HV2T																		
1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
HV2T																		
2	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	
HV2T																		109-
3	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5	2373/74
HV3T																		105-
1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	6	2343/44
HV3T																		
2	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	5	
HV3T																		
3	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	5	
HV3B																		
1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	
HV4T																		106-
1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	2345/46
HV4T																		
2	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	

HV4T																		
3	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	5	
HV5T																		106-
1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	5	2347/48
HV5T																		
2	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	5	
HV5T																		
3	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	6	
HV5B																		
1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
HV6T																		106-
1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	2349/50
HV6T																		
2	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	
HV6T																		
3	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	
F1T1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	7	
																		107-
F1T2	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	7	2359/60
F1T3	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	5	
F1B1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	8	
																		108-
F2T1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	7	2365/66
F2T2	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	6	
F2T3	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	7	
																		108-
F3T1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	4	2363/64
F3T2	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	5	
F3T3	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	4	
F3B1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
																		108-
F4T1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	5	2367/68
F4T2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	
F4T3	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	5	
F4B1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
																		108-
F5T1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	5	2369/70

F5T2	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
F5T3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
F5B1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	
F6T1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	4	
F6T2	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	5	
F6T3	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	5	108-
summ																		2371/72
a	2	10	61	2	47	3	63	49	7	5	8	7	8	1	4	44	277	

Bilaga 2

Beskrivning av provytornas läge samt koordinaterna för varje provyta. Med HÖ menas Hagsta Östra, med HV menas Hagsta Västra och med F menas Fallbacken

Provytor	X-koordinater	Y- koordinater	Beskrivning av provytans läge och de fotogarferade träden
HÖ 1	6751984	1567458	Vid Hagsta ligger en liten by med namnet Lötvallen, följer man vägen tillbaka längs E4:ans östra sida kommer ett öppet fält följt av ett skogsbestånd och igen ett öppet fält. Där skogen börjar efter det andra öppna fältet startar undersökningsområdet.
HÖ 2	6751803	1567509	100 m norr om grusvägen som går under E4:an.
HÖ 3	6751609	1567579	Precis söder om grusvägen som går under E4:an.
HÖ 4	6751226	1567722	Precis norr om en sänka med lövsly och fuktstråk finns provytan, uppe på tallheden.
HÖ 5	6750957	1567870	Ca 100 meter söder om det stora björkkärret.
HÖ 6	6750657	1568028	I höjd med jaktstugan inne i skogen söder om den unga granplanteringen.
HV 1	6752243	1567334	Cirka 60 m söder om kalhygget i den norra ändan av undersöknings området.
HV 2	6751892	1567422	300 m söder om provytan Hagsta V1 där granskogen tar slut öppnar det upp sig i en tallhed. De tre första tallarna på tallheden är valda.
HV 3	6751711	1567474	Strax norr om där broräcket startar i höjd med vägskylten. 20-30 m norr om där skogen tätnar.
HV 4	6751501	1567558	Ungefär 100 m söder om viadukten till grusvägen, i mitten av den mera öppna tallheden.
HV 5	6750967	1567795	Mitt i det stora tallområdet.
HV 6	6750672	1567948	Ungefär 50 m söder om vägskylt. Precis öster om skogsmaskinspåret.
F 1	6749106	1565305	Precis söder om Nybergsmuren. I norra delen av en moränkulle där det växer tallar och en del lövträd.
F 2	6749030	1565405	Strax SSO om Nybergsmuren. I den södra delen av en moränkulle.
F 3	6748850	1565515	En moränkulle med huvudsakligen gran med vissa inslag av björk, asp och tallar. Grovblockig morän.
F 4	6748085	1565685	Ca 200 meter norr om grusvägens vändplan från Råhällan.
F 5	674828	1565739	Strax norr om vattendraget en bit upp på höjden, ca 150 meter från vändplan på grusvägen.
F 6	6747457	1565795	Runt 200 m innan vändplan på grusvägen från Råhällan vid ett litet skjul på vägens östra sida. Ca 80-100 m ut på tallheden.
F 5	674828	1565739	Strax norr om vattendraget en bit upp på höjden, ca 150 meter från vändplan på grusvägen.
F 6	6747457	1565795	Runt 200 m innan vändplan på grusvägen från

Bilaga 3

Dokumentation av den inventerade tallen. Varje tall har fotats två gånger, en med blix och en utan.

Träd: HÖ 1 T3. Fotonr. 103-2328



Träd: HÖ 1 T3. Fotonr. 103-2329 BLIXT



Träd: HÖ 2 T3. Fotonr. 103-2330 BLIXT



Träd: HÖ 2 T3. Fotonr. 103-2331



Träd: HÖ 3 T2. Fotonr. 103-2332



Träd: HÖ 3 T2. Fotonr. 103-2333 BLIXT



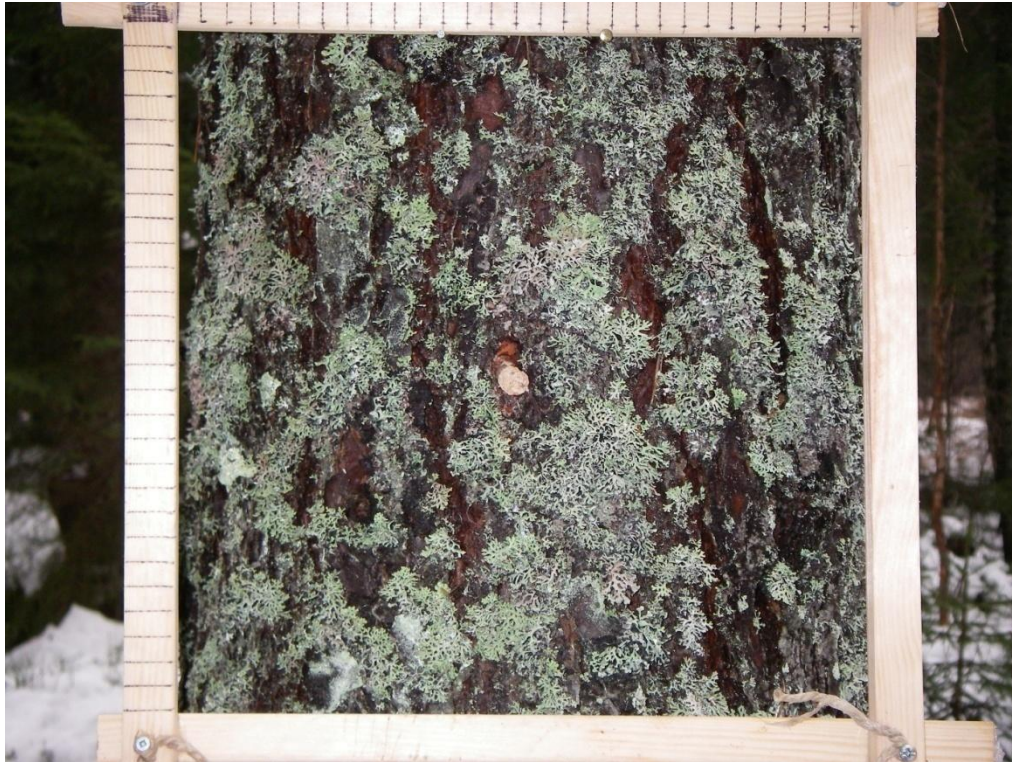
Träd: HÖ 4 T2. Fotnr. 103-2335 BLIXT



Träd: HÖ 4 T2. Fotnr. 103-2336



Träd: HÖ 5 T1. Fotonr. 104-2337



Träd: HÖ 5 T1. Fotonr. 104-2338 BLIXT



Träd: HÖ 6 T1. Fotonr. 105-2339 BLIXT



Träd: HÖ 6 T1. Fotonr. 105-2340



Träd: HV 1 T3. Fotonr. 105-2341



Träd: HV 1 T3. Fotonr. 105-2342 BLIXT



Träd: HV 2 T3. Fotonr. 109-2373



Träd: HV 2 T3. Fotonr. 109-2374 BLIXT



Träd: HV 3 T1. Fotonr. 105-2343 BLIXT



Träd: HV 3 T1. Fotonr. 105-2344



Träd: HV 4 T1. Fotonr. 106-2345



Träd: HV 4 T1. Fotonr. 106-2346 BLIXT



Träd: HV 5 T1. Fotonr. 106-2347 BLIXT



Träd: HV 5 T1. Fotonr. 106-2348



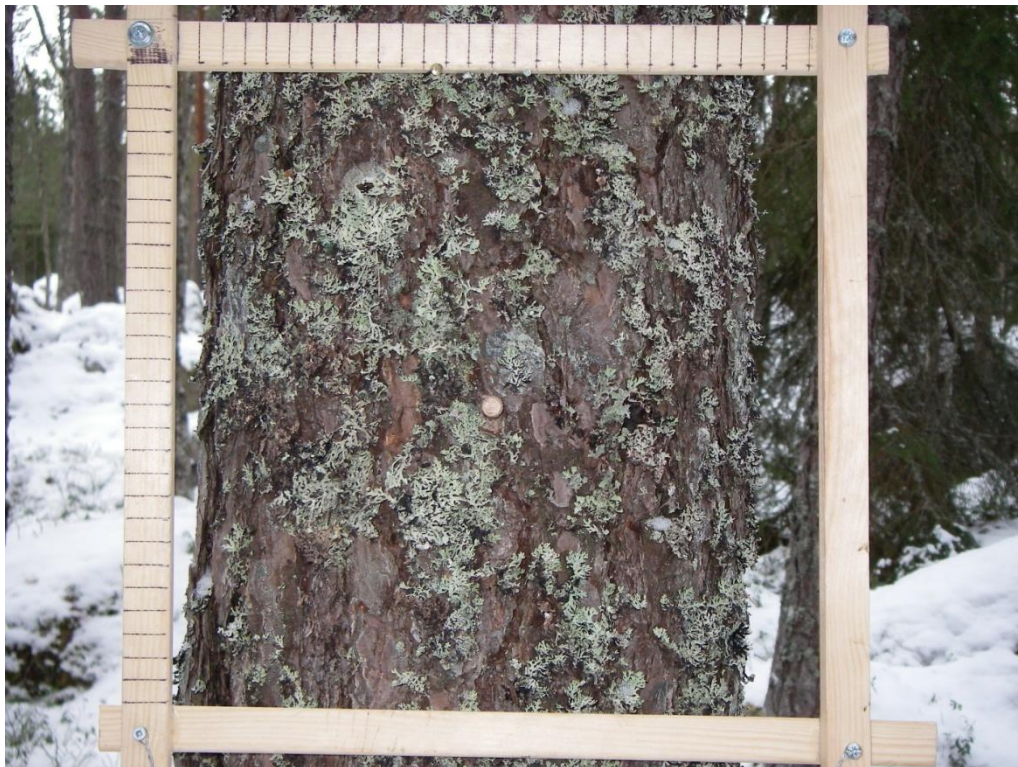
Träd: HV 6 T1. Fotonr. 106-2349



Träd: HV 6 T1. Fotonr. 106-2350 BLIXT



Träd: F 1 T1. Fotonr. 108-2365



Träd: F 1 T1. Fotonr. 108-2366 BLIXT



Träd: F 2 T2. Fotonr. 107-2359



Träd: F 2 T2. Fotonr. 107-2360 BLIXT



Träd: F 3 T1. Fotonr. 108-2363



Träd: F 3 T1. Fotonr. 108-2364 BLIXT



Träd: F 4 T1. Fotonr. 108-2367 BLIXT



Träd: F 4 T1. Fotonr. 108-2368



Träd: F 5 T1. Fotonr. 108-2369



Träd: F 5 T1. Fotonr. 108-2370 BLIXT



Träd: F 6 T3. Fotonr. 108-2371 BLIXT



Träd: F 6 T3. Fotonr. 108-2372

